

Также было установлено значительное влияние природы растворителя на степень прививки 2-ФБИ. Так по данным элементного анализа степень прививки 2-ФБИ в сульфолане практически в 2,6 раза больше чем, в толуоле (табл. 1).

Таблица 1. Данные элементного анализа

	C, %	H, %	N, %
C ₂ F	55,82	–	–
2-ФБИ-ФГ (толуол)	59,48	1,74	2,27
2-ФБИ-ФГ (сульфолан)	63,86	3,01	5,92

Образование целевого продукта 2-ФБИ-ФГ было также подтверждено с помощью ИК, КР-спектроскопии. В ИК-спектрах (рис. 2) продуктов реакции в отличие от исходного ФГ наблюдаются характеристические полосы по-

глощения бензимидазольных циклов в области 1631–1640 см⁻¹ (C=N) и 1402–1411 см⁻¹ (C–N), а также происходит существенное уменьшение полосы при 1200–1300 см⁻¹ (C–F). Как видно из представленных данных КР в спектре модифицированного материала наряду с пиками при ~1600 и 1340 см⁻¹, характерными для графена, присутствуют также полосы при ~1440–1450, 1620, 1270–1280 см⁻¹, приписываемым к бензимидазольным циклам. Из совокупности данных можно сделать об эмпирической формуле – (C₂₅H₉F₅N₂)_n.

По данным вольтамперометрии 2-ФБИ-ФГ демонстрирует высокие показатели удельной емкости: 242 и 316 Ф/г полученные в толуоле и сульфолане, соответственно. Таким образом, впервые была произведена ковалентная модификация ФГ 2-ФБИ, полученный материал является перспективным для электродов суперконденсаторов.

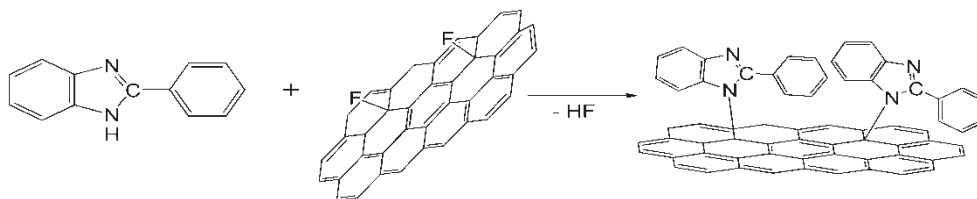


Рис. 1. Схема реакции

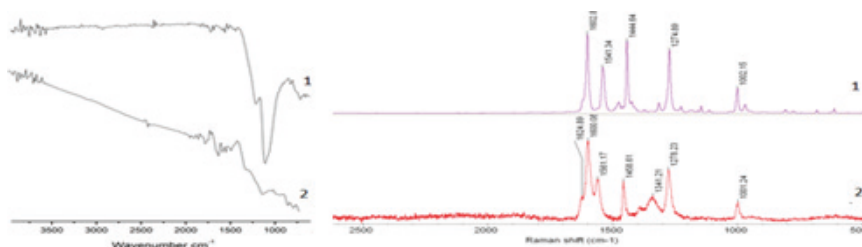


Рис. 2. слева ИК-спектры 1-ФГ, 2-ФБИ-ФГ, справа КР-спектры 1-ФБИ, 2-ФБИ-ФГ

ПОДБОР РЕЖИМОВ ОСАЖДЕНИЯ ПРЕКУРСОРА КАТОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЛИА

Д.С. Меняйлов

Научный руководитель – к.т.н., инженер ООО «РЭНЕРА» С.А. Резвов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
ГБПОУ НСО «Новосибирский химико-технологический колледж им. Д.И. Менделеева»

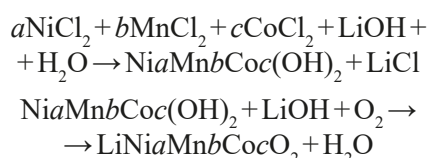
Характеристики литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) во многом зависят от используемого в них катодного материала. Одним из наиболее востребованным в мире катодным материалом является литированный оксид никеля, марганца и

кобальта, сокращенно – NMC (LiNi_aMn_bCo_cO₂. a+b+c=1). Важнейшим драйвером для роста потребления катодных материалов является бурное развитие электротранспорта. В РФ растет

использование ЛИА для задач ВПК, космоса и коммерческого применения.

В рамках исследования в специализированной лаборатории ГБПОУ НСО «Новосибирского химико-технологического колледжа им. Д.И. Менделеева» были синтезированы образцы катодного материала NMC обогащенного по марганцу (LMR-NMC) и NMC с соотношением переходных металлов 1:1:1 методом соосаждения. Ответственным этапом процесса является получение прекурсора – сложного гидроксида переходных металлов (никеля, кобальта, марганца) с заданным соотношением данных металлов, чистотой по основным примесям. Стехиометрия прекурсора определяет стехиометрию конечного продукта с точки зрения никеля, марганца и кобальта. Основным требованием к продукту является гомогенность состава по составу данных переходных металлов, что проблематично достичь при использовании альтернативного метода (твёрдофазного смешения).

В методе соосаждения для NMC обычно используются соли никеля, кобальта и марганца в виде сульфатов, и осаждение ведется гидроксидом натрия. В результате химической реакции выпадает осадок (гидроксид никеля, кобальта и марганца), при этом образуются значительные объемы маточных растворов сульфата натрия, которые подлежат утилизации. Особенность предложенного подхода в том, что для снижения капитальных и операционных затрат на утилизацию маточных растворов меняется состав исходных реагентов: соли переходных металлов – в виде хлоридов, осадитель – в виде гидроксида лития. Образуется маточный раствор хлорида лития, востребованный в действующем процессе производства лития металлического в ПАО «НЗХК» в качестве исходного сырья. Основные реакции процесса:



При получении прекурсора исследована зависимость результатов от следующих факторов: концентрации раствора солей и осадителя; температуры растворов; регулирования уровня pH; скорости приливания осадителя; времени созре-

вания осадка. Целью проведения экспериментов было изучение хода реакции осаждения по значению pH и определение оптимальных уровней избытка осадителя на малом объеме раствора. Проведено три эксперимента с избытком щелочи 5%, 20% и 50% при одинаковой массовой доли щелочи в растворе. В ходе эксперимента брали определенный избыток щелочи, постоянно контролировали pH на видео при интенсивном перемешивании, фиксировали на фото цвет раствора после смешивания. Значения pH через каждые 15 секунд отмечали на графике. После выпадения осадка добавляли еще щелочь, фиксировали изменение маточного раствора и цвета осадка.

Анализ данных показал, что полноты осаждения при 5% уровне избытка достичь не удалось и цвет осадка восприимчив к добавлению щелочи. Уровень избытка осадителя в 20% дает полное осаждение, но цвет осадка восприимчив к добавлению еще щелочи. При 50% избытке получен результат полного осаждения, который устойчив по цвету к добавлению щелочи.

Изменение цвета осадка вызвало гипотезу о неполноте перехода осадка в гидроксид. Она была отвергнута после проведения анализа химсостава осадка, он соответствует расчетному для гидроксида. Следовательно, изменение цвета осадка под воздействием щелочи не означает изменение химического состава прекурсора. Возможно, изменение цвета обусловлено структурой гидроксидов: комплексные соединения кобальта (II) лабильны, при изменении условий есть тенденция или образования тетраэдрических комплексов (дает синий цвет) или ортоэдрических комплексов (дает розовый цвет). Таким образом, автором предложено использовать 20% избыток щелочи для полноты осаждения прекурсора без принятия во внимание различий в цвете осадка.

В итоге проведенного исследования подготовлены рекомендации при выборе режимов синтеза прекурсора катодного материала NMC по концентрации и температуре растворов, уровню pH, скорости приливания осадителя, времени созревания осадка, величине необходимого избытка осадителя и составу исходных компонентов.